

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑫ 公開特許公報(A)

平2-125414

⑬ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)5月14日

H 01 L 21/027

7376-5F H 01 L 21/30
7376-5F

3 0 1 G
3 1 1 N※

審査請求 未請求 請求項の数 12 (全16頁)

⑮ 発明の名称 平版印刷プロセス解析システム

⑯ 特 願 昭63-265212

⑰ 出 願 昭63(1988)10月20日

優先権主張 ⑱ 1987年10月20日 ⑲ 米国(US) ⑳ 110905

⑳ 発 明 者 クリストファー・ビー・オーシュニツ アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139, ケンブリッジ, クリントン・ストリート 3, ナンバー 7

㉑ 発 明 者 エドワード・エイ・マクファードン アメリカ合衆国マサチューセッツ州02155, メッドフォード, カレツジ・アベニュー 104

㉒ 出 願 人 シツプレー・カンパニー・インコーポレーテッド アメリカ合衆国マサチューセッツ州ニュートン, ワシントン・ストリート 2300

㉓ 代 理 人 弁理士 湯浅 恭三 外4名
最終頁に続く

明細書の浄書(内容に変更なし)

明 細 書

1. [発 明 の 名 称]

平版印刷プロセス解析システム

2. [特 許 請 求 の 範 囲]

1. (a) 特徴幅データ、露光データ、および焦点データを受け取るための手段;

(b) 前記データを記憶装置中に整理して格納するための手段;

(c) 限界寸法モデルに対し、前記データの最良適合モデルを求めるための手段; および

(d) 座標軸が特徴幅、露光、および焦点である3次元グラフに対し、前記データの前記最良適合モデルを表示するための手段;

からなる平版印刷プロセス解析システム。

2. 前記の限界寸法モデルが

$$W = K_1 + K_2 Z + K_3 Z^2 + \frac{1}{E} (K_4 + K_5 Z + K_6 Z^2)$$

という式からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

3. 限界寸法モデルを最良適合させるための前記手段が線形回帰分析を行うための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

4. さらに、座標軸が前記最良適合モデルの前記グラフに沿って測定された特徴幅、露光および焦点である3次元グラフを表示するための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

5. さらに、特徴幅、焦点、および露光に対する測定データから得られる3次元グラフを、最良適合モデルの3次元グラフ上にオーバーレイさせて表示するための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

6. さらに、所定の最大露光許容範囲から焦点範囲を求めるための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

7. さらに、所定のサイドウォール・アングルから焦点範囲を求めるための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

テム。

8. さらに、前記の3次元グラフに使用されているいずれの2次元に対してもその2次元グラフを表示するための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

9. さらに、2次元グラフを3次元グラフ上にオーバーレイさせて表示するための手段からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

10. (a) 実験による焦点データ、露光データ、および特徴幅データを限界寸法モデルに最良適合させることによつて最大可能ウインドー焦点と最大可能ウインドー露光を求めるための手段；
- (b) 制御される平版印刷プロセスから特徴幅測定値を受け取るための手段；
- (c) 前記特徴幅測定値からの露光シフトと、最良適合モデルから求めた作動露光および作動焦点における露光許容範囲とを確認するための手段；および

12. 最大可能ウインドーを求める前記工程が、

- (a) 特徴幅を焦点と露光の関数として測定する工程；
- (b) 特徴幅、焦点、および露光の測定値を、本質的に最適焦点を与える限界寸法モデルに最良適合させる工程；
- (c) 焦点が最適焦点に等しく、特徴幅が所定の望ましい幅に等しいときに、限界寸法モデルにおける最適露光値を求める工程；
- (d) 最適露光にて限界寸法モデルに所定の最大露光許容範囲を適用することによつて焦点範囲を求める工程；および
- (e) 所定の特徴幅範囲を前記の最大露光許容範囲で割ることによつて露光範囲を求める工程からなる、請求項第11項に記載の方法。

3. (発明の詳細な説明)

(産業上の利用分野)

本発明は、平版印刷プロセスのパラメーターをモデリングするための、また平版印刷プロセスを最適化するのに有用なグラフィック・ディスプレイ

(a) 露光シフトを補正するために補正信号を発生するための手段

からなる平版印刷プロセス解析・制御システム。

11. (a) 実験による焦点データ、露光データ、および特徴幅データを限界寸法モデルに最良適合させることによつて最大可能ウインドー焦点と最大可能ウインドー露光を求める工程；
- (b) 制御される平版印刷プロセスから特徴幅測定値を受け取る工程；
- (c) ある時間にわたつて最小特徴幅と最大特徴幅を求める工程；
- (d) 前記の最小特徴幅と最大特徴幅から最大有効露光と最小有効露光を、そして限界寸法モデルから露光許容範囲を求める工程；および
- (e) 最大露光と最小露光の midpoint、最大可能ウインドーの最適露光設定値からのシフトを補正するために、前記平版印刷プロセスに対して補正信号を与える工程
- からなる平版印刷プロセスの制御方法。

イを融通のきく形で与えるためのコンピュータ・システムに関する。さらに詳細には、本発明は、望ましい特徴幅許容範囲内において集積回路を信頼性高く製造するために、最適露光範囲設定値および最適焦点範囲設定値を求めるシステムに関する。

(従来の技術)

平版印刷プロセスは、集積回路の製造において半導体ウエーハにパターン付けするのに使用される方法である。リングラフ法の性能は2つのキー・パラメーター（限界寸法（CD）—パターンに対する限界特徴のサイズ（通常は線幅）；およびパターン重ね合わせ（PR）—相互に対するパターン特徴の相対的配置）の測定と制御によつて決まる。特徴サイズが収縮して集積回路の複雑さが増大するにつれて、製造プロセスを最適化し制御するためには、CDとPRのデータを解析するための改良された方法が必要となつてくる。

平版印刷プロセスにおいて生じる変動には、空間的な分布（ほぼ同時に異なる場所に印刷された

異なるパターン)と時間的な分布(異なる時間において同じ場所に印刷された同じパターン)がある。適切なタイム・スケールはプロセスの変動の頻度によつて決定される。完全に安定なプロセスは空間的な分布を特徴とするが、極めて不安定なプロセスは時間的な分布を特徴とする。通常、従来の平版印刷プロセスでは、どちらの分布も考慮しなければならない。適度に安定なプロセスの場合、単一シフトの間にパターン付けされたウェーハのパッチは主として空間的な変動を示すが、複数のシフトのときには時間的な変動が起こる。

空間的および時間的な変動は、平版印刷上のパラメーターと制御不可能な成分の調整をトレースすることのできる制御可能な成分を有する。本発明の目的は、製造装置に関する制御可能なパラメーターを最適化することによつて製造プロセスが改良できるよう、変動の解析を与えることにある。露光時間の選定、フィルムの厚さ、焼付温度、現像速度等のような製造上のパラメーターを最適化することによつて、装置は目標とする作動ポイン

を可能にすることにある。

本発明は、計測学的ツールまたは平版印刷ツールから焦点データ、露光データ、および特徴幅データを受け取るためのインターフェース、データを解析に役立つ形で格納するための記憶装置、データを限界寸法モデルに最良適合させるためのプログラム、および最良適合モデルをグラフとして表すための表示装置からなる平版印刷プロセスを解析するためのコンピューター・システムに関するものである。この平版印刷プロセス解析システムはさらに、製造プロセスを最適化する際にモデル化されたデータ・パラメーターから平版印刷ツールが使用する限界値を計算するためのプログラムを含む。本システムはさらに、3次元でのグラフ表示を可能にするためのプログラムを含む。本システムはさらに、2つのグラフを表示スクリーンの左側と右側に同時に表示することを可能にするプログラム、および/または1つのグラフをもう1つのグラフ上に重ねるプログラムが選択できることを特徴とする。さらに、データを内挿する

トにより近づいて作動することができ、従つて空間的および時間的な変動が少なくなる。新たに改良された装置は必要としないので、こうしたパラメーター設定手法は、製造プロセスの改良に対しては最も安価なアプローチであるといえる。

計測学的ツールおよび平版印刷ツールからの生データを受け取ることのできるシステムはある。しかしながら、望ましい特徴幅限界内で集積回路を製造するために、最適露光範囲と焦点設定値を求めるためのデータを使用するような方法は見出されていない。本発明の他の目的は、焦点、露光、および特徴幅との間の関係をグラフで表示して、データの有用性を向上させることのできるようなシステムを提供することにある。本発明のさらに他の目的は、限界寸法データをコンピューターによつて速やかにかつ効率的に解析し解釈することのできる式へと移し変えうるような限界寸法データのモデルを提供することにある。本発明のさらに他の目的は、平版印刷プロセスのリアルタイム制御ができるよう、限界寸法データの迅速な解析

ことができるプログラムも組み込まれており、これにより同じパラメーター値に沿つて2つのグラフを比較することが可能となる。

本発明の他の目的と利点は、添付の図面を参照しながら本発明の好ましい実施態様に関する以下の詳細な説明を就めば明らかとなる。

本発明の平版印刷プロセスによる解析・表示制御装置10がコンピューターすなわちデータ処理装置12内に装備されている。コンピューター12には、入力/出力制御装置14、記憶装置15、CPU 16、グラフィック表示制御装置、および外部インターフェース制御装置20のような、標準的な構成要素が含まれている。グラフィック表示制御装置18はバーティコム(Verticom) M16E、CPUはインテル80286でよい。記憶装置15は、コンピューター・システムによつて蓄積および生成されたデータを格納するのに使用することができる。インターフェース20は、例えばRS232ポートインターフェースのような従来のインターフェースでよい。イン

ターフエース20は、計測学的ツール22、平版印刷ツール24、または外部データベース26からデータを受け取るためのものである。外部データベース26は、独立したコンピューター・メインフレームの記憶装置に設けることもできる。この外部データベース26は、これまでに行われた実験で得られた結果を格納することができる。平版印刷ツール24は、光学的ツール、電子ビーム・ツール、あるいはX線ツールなどのような技術において通常使用されるツールのいかなるものであつてもよい。インターフエース20に与えることができ、かつ本発明のシステムによる解析が可能な測定値を提供するような平版印刷ツール24が知られている。平版印刷技術においては、計測学的ツール22が広く知られており、これは光学的プローブシステム、走査電子顕微鏡、および電気的プローブシステムを含む。これらのツールは、平版印刷プロセス時において、集積回路上の特徴サイズを測定するのに使用される。

コンピューター12の10制御装置14は、キ

ルがあるプログラムから他のプログラムへと移動し、マウス上の活性化ボタンを押すと、その時点でカーソルによつて強調されているプログラムの選択が行われる。

平版印刷プロセス解析・表示制御装置のサブプログラムは、解析34、コミュニケーション36、キーボード入力38、データ変換40、ファイル管理42、およびシステム仕様44を含む。コミュニケーションプログラム36は、コンピューター12と計測学的ツール22または平版印刷ツール24との間のコミュニケーションを行うよう考案されたプログラムのライブラリーを提供する。各ツールに対し、データがインターフエース20を通してコンピューターに与えられる際にコンピューターがデータを受け取ることを可能にし、そしてコンピューターが制御信号をコンピューターからツールへと伝送することを可能にする、個別のコミュニケーション・ルーチンがある。このようなコミュニケーション・ルーチンは当技術者には公知であり、これらの設計は、特定の計測学的

ーポート28、プリンター30、モニター32、および記憶媒体33とインターフエースで連結している。特に、相互に重なり合つた2つのグラフを観察するときに見易くするために、モニター32はカラーモニターが好ましい。記憶媒体は、ハードディスクまたはテープドライブのような記憶装置である。本発明のシステムを操作する際に、モニター32上に現れるスクリーンの制御を行い易くするために、キーボード28の他に、マウス28を取り付けるのが有利である。

第2図には、本発明のシステムに入力すると現れるスクリーンが示されている。スクリーンが表示されると、平版印刷プロセス解析・表示制御装置10のサブプログラムが列挙される。使用者は、例えばカーソルを所望のサブプログラム名のところに移動させるのにマウス29を使用することによつて、これらのサブプログラムのどれでも選択することができる。第2図に示されているように、サブプログラムのコミュニケーションはカーソルによつて強調される。マウスを動かすと、カーソ

ールまたは平版印刷ツールによつてなされるデータ・フォーマットおよび出力インターフエース・ルーチンに依存する。

キーボード入力サブプログラム38により、コンピューター12へのデータベースの手操作入力が可能となる。

データ変換サブプログラム40は、ツールとのコミュニケーション連結に対して与えられていないパラメーターを加えるのに使用される。実施される実験は露光設定値や焦点設定値のようなパラメーターにより説明され、これらのパラメーターは別々に入力する必要があることが多い。データ変換サブプログラムはさらに、実験データを、解析サブプログラムによつて使用することのできるフォーマットにするのに役立つ。

ファイル管理プログラム42は、通常のフラットファイル・データベース管理プログラムである。

システム仕様サブプログラム44により、平版印刷プロセスにおいて使用されるツールと材料の特性を入力することができる。

解析サブプログラム34は2つのタイプの解析、すなわち限界寸法とパターン焼き付けからなる。パターン焼き付けデータの解析は、平版印刷関係の当技術者には公知である。限界寸法解析は2つのサブプログラム、すなわち焦点露光サブプログラムと均一性サブプログラムからなる。均一性サブプログラムは、ウエーハ上の異なる場所に対するプロセス性能の変化を解析する。焦点露光サブプログラムは、焦点、露光、および特徴幅の間の関係を解析する。計測学的ツールによつて得られるデータを、所定の実験に対して焦点設定値および露光設定値と関連付ける。焦点はここではZによつて示され、平版印刷ツールの像平面に関して半導体ウエーハ面の位置設定値を表している。ある与えられた場所および処理中のある時点における実際の焦点は、平版印刷ツールの性能（焦点制御の再現性と感度）およびプロセス性能（形態学的な面、ウエーハの平面度、薄膜効果等）の変動によつて影響される。露光はここではEによつて示され、シャッター速度の設定値を表す。特徴サ

イズに対応する実際の露光は、ウエーハ上の入射光エネルギーとフォトリソ最小エネルギーの比によつて決まる。露光は、平版印刷ツール性能（ランプの強度、ランプの均一性、シャッター速度等）の変動およびプロセス性能（皮膜の厚さ、焼き付け温度、現像速度等）の変動によつて影響される。限界寸法はWによつて表され、これは平版印刷プロセスによつて集積回路上に形成される線幅または他の特徴幅の寸法である。

本発明のシステムは、高解像度かつ高速で、2次元または3次元のカラー・グラフィックを生成することができる。2組のデータ・セットを同時に観察することのできる独立した右側制御装置および左側制御装置によつて種々の比較を行うことが可能となる。またこれとは別に、本発明の制御システムは、2つのプロットを1つのグラフ上で重ね合わせて直ちに比較することのできる能力を有する。使用されるパラメーターの値が2つのプロットに対して異なる場合、2つのプロットを直接比較できるように、一方のプロットのデータを

内挿することができる。さらに、本システムは、いかなる軸においてもグラフを拡大または縮小できるよう、グラフに対する範囲を変えることができる。従つて、関心のある部分に関してグラフを拡大することが可能である。

本発明のグラフィック機能と解析機能により、特徴幅データ、焦点データ、および露光データを利用することのできる能力が増強される。本発明の制御システムは、コンピュータのグラフィックディスプレイボードによつてモニター32上に表示を行うため、グラフの形でデータを与える。焦点と露光のデータ・セットを検討する場合、本発明の制御システムが作り出すことのできるいくつかの異なるグラフがある。これらのうちの1つは、特徴幅（線幅）、露光、および焦点の軸を有する3次元グラフの応答曲面である。第3図には、実測した応答曲面が左側のスクリーンに示されている。第3図と第4図に示すように、特徴幅対焦点、特徴幅対露光、および露光対焦点のような2次元グラフを得るのに同じデータを使用すること

ができる。線幅対焦点のグラフから分かるように、線幅は焦点の変化に対して感受性が比較的鈍い。最適焦点は、露光に対する線幅の感受性が最も低い値を選択することによつて求めることができる。言い換えると、LW対焦点に関する曲線が最も密な束状になるか、あるいはLW対露光に対する曲線が最も小さな勾配を有するような場合である。いつたん最適焦点が得られたら、露光対焦点のグラフを呼び出すことができ、そして所望の線幅に対応するプロットに関して最適露光を求めることができる。許容露光設定値の範囲は、最小許容線幅に対するプロットと最大許容線幅に対するプロットとの間で見出される範囲である。許容焦点範囲は、第4図に示した線幅対露光のグラフから求めることができる。焦点を限定する規準は、許容しうる $\Delta W/\Delta E$ を示すような焦点、すなわち、許容露光範囲にわたつてグラフ上のプロットの勾配が最小となるような焦点のみを許容することである。このように、本発明の表示能力は平版印刷関連の技術者にとつては大きな恵みとなる、なぜ

なら、この表示能力によつて最適焦点設定値と最適露光設定値を求めるのに有効なグラフが容易に得られるようになるからである。

さらに、本発明の制御システムは、実測した焦点-露光線幅データをモデル・セットの式に最良適合させる能力も与える。こうして得られる最良適合モデルを、実測データに対して行い場合と同じようにプロットし表示することができる。本システムはさらに、プロットをグラフ上に重ね合わせることのできる機能を有する。例えば第5図は、破線で表した実測データを、実線で表したその対応モデル上に重ね合わせた図である。第5図には、もう1つのグラフィック能力が示されている。左側のスクリーンのグラフが焦点軸および露光軸に關して拡大されて右側スクリーン上にプロットを与えている。

集積回路の平版印刷技術者にとつてもう1つの関心事は、ウェーハ上の集積回路の均一性である。従つて、ウェーハに対する平版印刷プロセスの均一性を調べることにできるように、ウェーハ上の

モデルを使用して平版印刷プロセスをリアルタイム制御することができる。

モデルは次の式に基づいている：

(1)

$$\frac{W}{W_0} = \frac{Z}{\pi} \cos^{-1} \left[\frac{\pi}{-4} \frac{1 - \frac{E_0}{E}}{-1 - \frac{A}{W_0} - \frac{B}{W_0} (Z - Z_0)^2} \right]$$

式中、 W_0 は共役CDを表し、これは応答曲面の等焦点での特徴幅である。第8図には、典型的なモデル化された応答曲面がスクリーンの右側に示されている。等焦点は、焦点Zの変化に対して特徴幅Wの感受性が最も低い応答曲面上の場所である。 E_0 と Z_0 は、等焦点における露光設定値と焦点設定値を表す。 $1 - A/W_0$ は $Z = Z_0$ における有効画像鋭敏性である。 B/W_0 は焦点だけによる画像鋭敏性低下係数である。本モデルは、アウスシュニット (Ausschnitt) による、“平

種々の場所において測定値が採取される。線幅とウェーハ上の場所とを関係付けるこれらのデータ・セットは、本発明により、縦列と横列に対して線幅をプロットしている3次元グラフである応答曲面を含む数多くのグラフを使用して表すことができる。このデータは、線幅対横列、または線幅対縦列のような2次元グラフの形で与えることもできる。またこれとは別に、第6図に示したように、横列対縦列の座標システムに対して等高線図を描くこともできる。

第7図には、制御装置10のCDエンジンのフローチャートが示されている。CDエンジンより、データはモデルに最良適合され、露光と焦点に対する範囲が決定される。実測した限界寸法(W)、焦点(E)、および露光(Z)の間の厳密な関係は極めて複雑である。本発明によれば、Wと(E、Z)との間の関係は、コンピューターにより簡単かつ速やかに求めることのできるモデルによつて近似される。計算時間は極めて短いので、コンピューターはモデルを決定することができ、そして

版印刷を特性化するための電気的測定”、VLSTエレクトロニクス：マイクロストラクチャー・サイエンス、vol. 16、アカデミック・プレス Inc., 1987, p. 320-356 (本文献の開示内容を参照の形で引用する) において詳細に説明されている。

本発明では上記式(1)を採用し、Wがほぼ W_0 に等しい、 $A/W_0 \ll 1$ である、そして $B/W_0 (Z - Z_0)^2 \ll 1$ であるという仮定に基づいて式(1)を単純化する。このような条件下においては、式(1)は次のように近似することができる：

(2)

$$W = K_1 + K_2 Z + K_3 Z^2 + \frac{1}{E} (K_4 + K_5 Z + K_6 Z^2)$$

式(2)に対し、物理的に意味のあるパラメータが、次のような式によつてK係数に關係している：

$$(3) \quad W_0 = K_1 - \frac{K_4 K_3}{K_6}$$

$$(4) \quad E_0 = \frac{-K_6}{K_3}$$

$$(5) \quad Z_0 = \frac{-K_5}{2 K_6}$$

$$(6) \quad \frac{A}{W_0} = 2 K_3 \left(\frac{K_5}{2 K_6} \right)^2 - K_1 = \frac{K_4 K_3}{K_6}$$

$$(7) \quad \frac{B}{W_0} = -2 K_3$$

$$(8) \quad B = \frac{K_2 K_6}{K_3 K_5}$$

付け加えたパラメータ β は、特徴幅が Z_0 についての焦点変化に依存している状態において起こりうる“傾き (tilt)”または不均整を説明するパラメータである。上記式における全ての K 値とコントロール・パラメータ E および Z との関係は線形関係にあり、従つて、本発明では標準的な

および $Z = Z_0$ として E の値を計算することによつて求められる。 Z_0 は最適焦点と定義され、式(5)によつて与えられる。露光許容範囲 L_B は、特徴幅 W が露光 E と共に変化する速度である。従つて L_B は、特徴幅を露光に対してプロットした曲線の導関数に等しい。これはモデル曲線に対して容易に計算することができ、露光許容範囲プロットがサンプルとして第9図に示されている。露光許容範囲を限定する式は次の通りである：

$$L_B = \left| E \frac{dW}{dE} \right|_{E_D} = \frac{1}{E_D} (K_4 + K_5 Z + K_6 Z^2)$$

最小露光許容範囲は、露光の変化に対して最も感受性の低いプロセスに相当する。ある与えられたプロセスに対し、露光許容範囲の限界値が設定されてプロセス安定性の限界値が得られ、これによつて所望のプロセス性能が設定される。またこれとは別に、露光許容範囲の代わりに、フォトレジスト材料によつて作られるサイドウォール・アングルを、プロセス性能に対する規準として使用することもできる。サイドウォール・アングル θ

線形回帰分析を使用して、実測した特徴幅に対して式を最良適合させるような K 値を E と Z の関数として得ることができる。線形回帰分析は、比較的安価なCPUを装備したコンピュータで迅速に実行することができる。このように、本発明は経済的な装置で使用することができ、しかもリアルタイムのプロセス制御が可能である。

モデル応答曲面を求めた後、CDエンジンにより最良適合モデルを使用して E と Z に対するパラメータの範囲が求められ、これによつて所望の特徴幅許容範囲が達成される。システムのユーザーは、最大 $W_{D\text{MAX}}$ 許容特徴幅および最小 $W_{D\text{MIN}}$ 許容特徴幅に沿つて、キーボードから所望の特徴幅 W_{D0} を入力する。

プログラムにより W_{D0} 、 $W_{D\text{MIN}}$ 、および $W_{D\text{MAX}}$ が採り上げられ、これらが式(2)に代入されて焦点と露光との間の関係が求められる。この関係は、第5図に示されているように、表示画面上でグラフとして観察することができる。 E_{D0} (最適露光設定値)は、式(2)において $W = W_{D0}$

と露光許容範囲 L_B との関係は次の式によつて表される：

$$\tan \theta = 2 t_0 / L_B$$

式中、 t_0 は露光前のフォトレジスト皮膜の厚さである。システムのユーザーは、最大露光許容範囲 L_B またはこれに対応する最小サイドウォール・アングルをコンピュータに入力する。コンピュータは、最良適合式から K の値がわかると、次の式により $Z_{D\text{MIN}}$ と $Z_{D\text{MAX}}$ を最大露光許容範囲の関数として算出する。

$$L_B \left| E_D = E_{D0} = \frac{1}{E_{D0}} (K_4 + K_5 Z + K_6 Z^2) = L_{B\text{MAX}} \right.$$

$Z_{D\text{MIN}}$ と $Z_{D\text{MAX}}$ はこの二次方程式の根である。第9図の露光許容範囲プロットを参照すればわかるように、露光許容範囲曲線に対して最大露光許容範囲を適用すると、最小焦点値および最大焦点値が直ちに明らかとなる。

最小露光と最大露光は、特徴幅の許容範囲($W_{D\text{MAX}} - W_{D\text{MIN}}$)を調べ、そしてユーザーが

入力した最大露光許容範囲でこれを割ることによつて求められる。これによつて、露光に対する許容範囲 ($E_{MAX} - E_{MIN}$) が得られる。通常の場合、 $E_{MAX} = E_0 + 1/2 (E_{MAX} - E_{MIN})$ および $E_{MIN} = E_0 - 1/2 (E_{MAX} - E_{MIN})$ である。露光と焦点の範囲は最大可能ウィンドー (largest available window; LAW) と呼ばれる。LAW は平版印刷装置の所望の作動範囲を規定して所望のプロセス性能を付与し、特徴幅を所定の許容範囲内に制限する。

焦点設定値と露光設定値に対する最大可能ウィンドーを求めて所望の特徴幅を達成することができるという機能は、多くの方法で使うことができる。これらの方法のうちの 1 つは、所望の特徴幅を得るための最適プロセスを決定することである。異なるプロセスを実行することによつて数多くの異なるデータ・セットが生成されるが、このとき各プロセスに対し、焼き付け温度、現像速度、皮膜の厚さ、フォトリソ材料、平版印刷ツール等の変数がそれぞれ変化する。各プロセス

が低いので、露光だけをリアルタイムで制御すればよい。焦点を定期的 (例えば 1 日に 1 回) にチェックし、作動中のプロセスを所望のパラメータ内に保つよう修正することができる。

焦点をチェックするには、製造プロセスを中断してトライアル・ランを行い、このとき応答曲面を形成するのに十分なデータが得られるよう露光と焦点を変化させる。測定は 1 つ以上の選定した場所で行う。測定場所は、正味の最大可能ウィンドー上において最大入力を持つような場所であることが好ましい。

第 7 図の CD エンジンのステップ 50、52、および 54 をデータに適用して、各場所に対し Z_0 を求める。各場所は、正味の最大可能ウィンドーに対する Z_0 と特定の場所の LAW に対する Z_0 との差に等しい特有のオフセット (offset) を有する。プロセスの応答が一定であれば、オフセットが加えられた場合、各場所に対する Z_0 は正味の LAW に対して単一の Z_0 となる。もし応答が変化すれば、オフセットを評価して単一の

に対し、CD エンジンにより最大可能ウィンドーが求められ、そしてこれらの最大可能ウィンドーを比較して、最大ウィンドーを与えるプロセスが求められる。これによつて、製造上極めて高い信頼性で所望の特徴幅を生成すると思われるプロセスが得られる。

CD エンジンは、特定のプロセスによつて引き起こされる空間的変動と特徴幅を調べるのに使用することもできる。あるプロセスに対し、多くの異なる場所で特徴幅の測定を行う。各場所において得られるデータ・セットを使用して、露光設定値と焦点設定値の最大可能ウィンドーを求める。各場所に対する最大可能露光焦点ウィンドーが比較され、重なり合っているウィンドーの部分が、特定のプロセスに対する正味の最大可能ウィンドーとして得られる。

本発明によれば、プロセスをリアルタイムで制御するのに CD エンジンを使用することができる。限界寸法または線幅は、所望の線幅あるいはその近くにおいては焦点の変動に対して比較的感受性

Z_0 を得ることができる。変化量が所定の限界値を越える場合は、プロセスをチェックして不安定さの原因を突き止め、これを除去しなければならない。時々、プロセス全体を再度特性付けする必要がある。 Z_0 が変化する場合、新たな Z_0 の近くに中心がくるよう正味の LAW がシフトし、そして平版印刷ツールが新たな Z_0 でセットされる。

第 10 図を参照するとわかるように、製造プロセスの進行中、露光は本発明によりリアルタイムで制御することができる。最初の露光設定値 E_i は記憶される。1 つ以上の場所に対する特徴幅の測定値のデータが、所定の時間にわたつて蓄積される。使用する所定時間はプロセスの安定性に従つて定めるべきであり、こうすればより安定なプロセスをより長い時間使用することができるであろう。所定時間において得られる最小特徴幅と最大特徴幅が確認される。各場所に対する露光変動は、最大幅と最小幅との間の変動を、当該場所と当該作動焦点におけるシステムの所定の露光許容範囲で割ることによつて求められる。これらのこ

とは次の式によつて表すことができる：

$$E_{TMIN} = E_i - \frac{W_{DO} - W_{TMIN}}{L_E}$$

$$E_{TMAX} = E_i - \frac{W_{TMAX} - W_{DO}}{L_E}$$

露光の極値が正味の最大可能ウインドー内であれば、補正を行う必要はない。しかしながら、露光の極値間の中点が最適露光から所定の限界値を越えてシフトするときは常に補正信号を送るよう、本システムの配値を行うことができる。露光極値のうちの1つがLAWの外側にある場合、その作用は、極値間のスパンがLAWの露光限界値間のスパンより大きいかどうかによつて決まる。露光の極値がLAWに対するスパンより小さなスパンを有する場合、 $E_i = E_i + E_{Lo} - 1/2 (E_{TMAX} + E_{TMIN})$ という式（式中、 E_{Lo} はLAWにおける最適露光である）から新たな露光設定値が求められる。従つて、露光設定値を検出されるシフトに等しい量だけシフトさせるために、平版印刷ツールに制御信号が送られる。露光の極値が、正

味のLAWの変動露光限界値を越えて変動する場合、プロセスをチェックして不安定性の原因を究明する必要がある。本プロセスを再度特性付ける必要の生じることも起こりうる。

平版印刷プロセス解析・制御システムの特定の実施例を本発明の好ましい実施態様に関して説明してきたが、本発明はこれに限定されるものではない。本発明の精神と範囲内で種々の変形が可能であることは、当技術者には明らかである。従つて、特許請求の範囲にはこのような種々の変形が含まれているものとする。

4. [図面の簡単な説明]

第1図は、本発明のシステム全体の概略図である。

第2図は、本発明のシステムの最上位レベル・メニューを表示するモニター・スクリーンの正面図である。

第3図は、本発明のシステムによつて得られるモニター・スクリーン表示物の図である。

第4図は、本発明のシステムによつて得られる

モニター・スクリーン表示物の図である。

第5図は、グラフの軸を拡大できる機能を示した、本発明のモニター・スクリーン表示物の図である。

第6図は、本発明のシステムによつて得られるモニター・スクリーン表示物の図である。

第7図は、本発明のCDエンジンのフローチャートである。

第8図は、本発明のシステムによつて得られるモニター・スクリーン表示物の図である。

第9図は、本発明のスクリーン上に表示することのできる、露光許容範囲のプロットされたグラフの図である。

第10図は、本発明によるリアルタイム露光制御のフローチャートである。

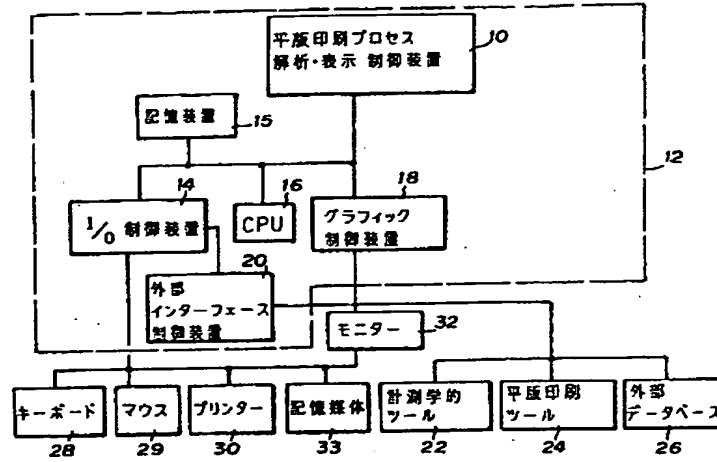
代理人 弁理士 湯 浅 恭



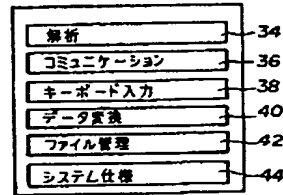
(外4名)

図面の淨き(内容に変更なし)

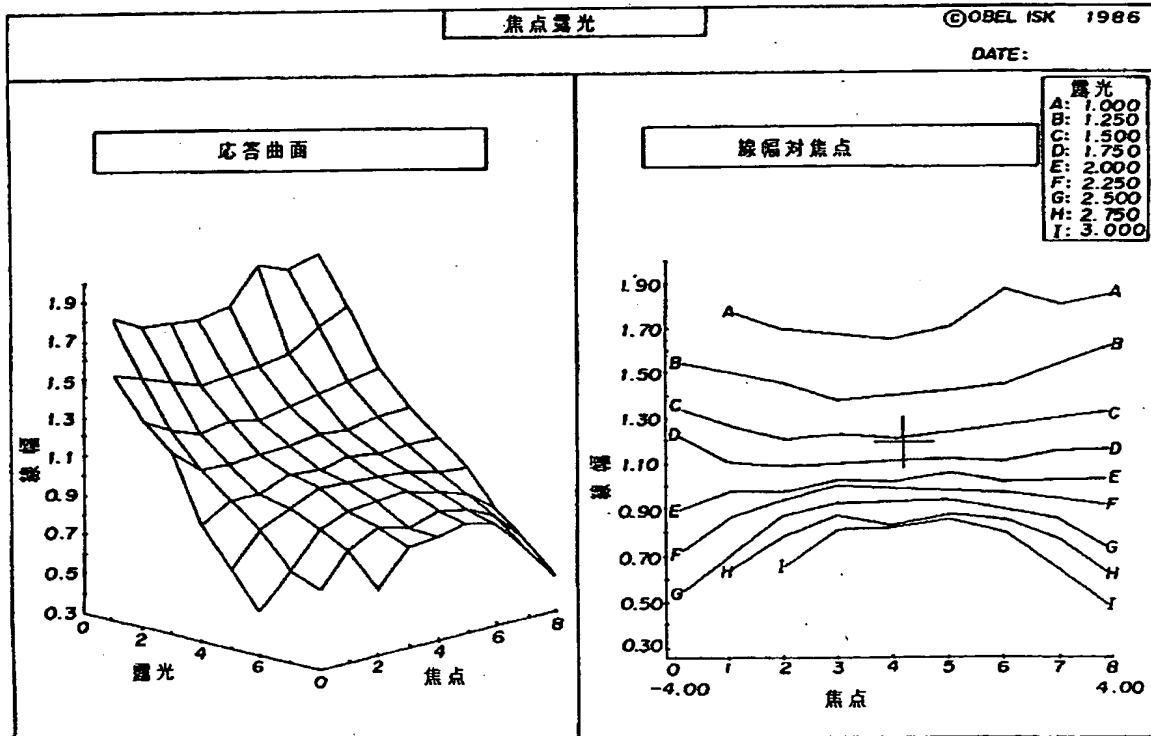
第 1 図



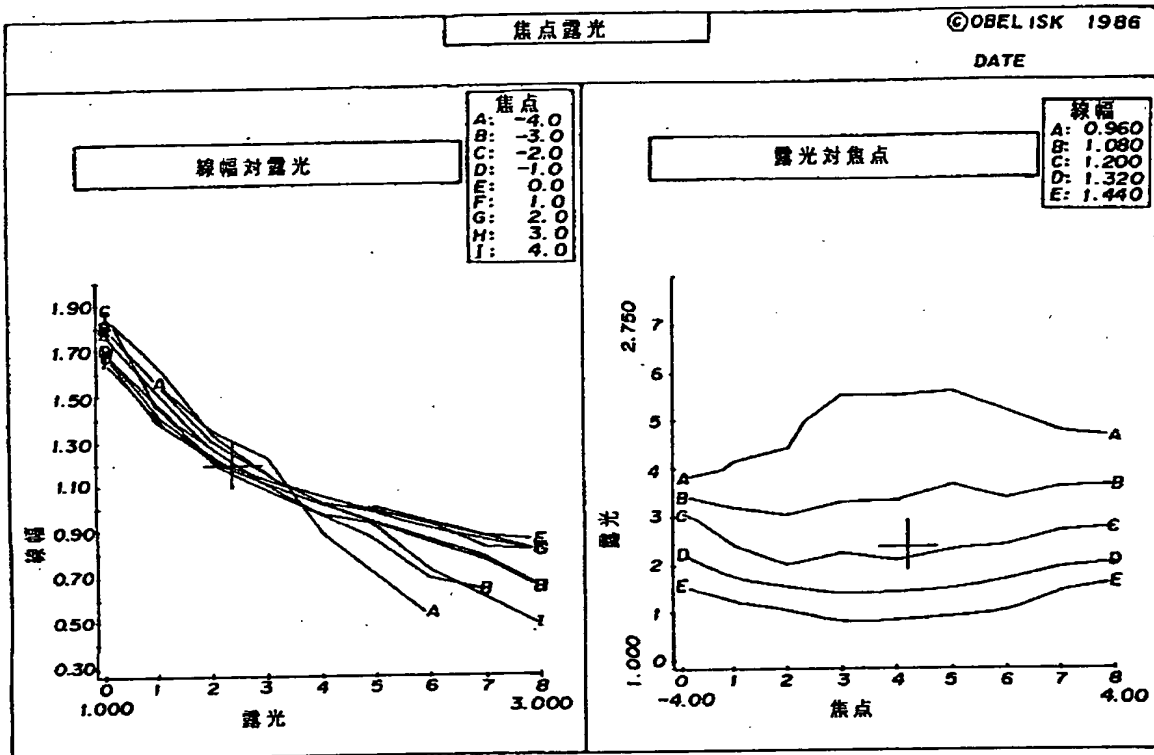
第 2 図



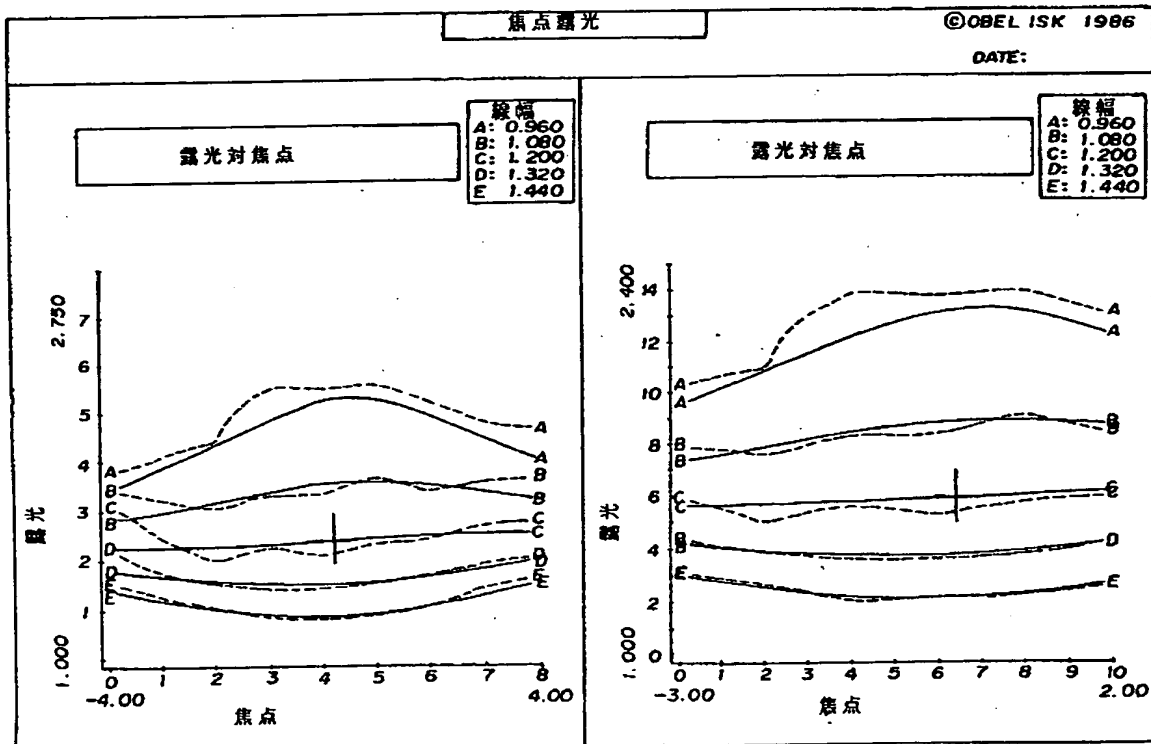
第 3 図



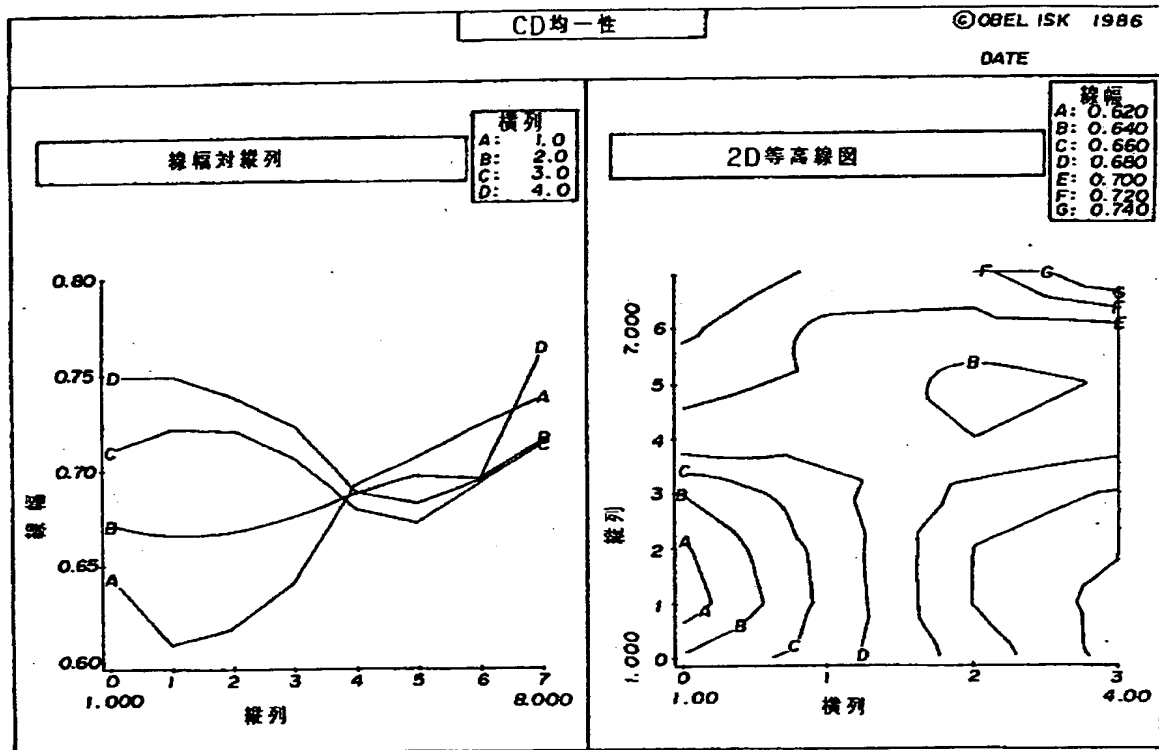
第 4 図



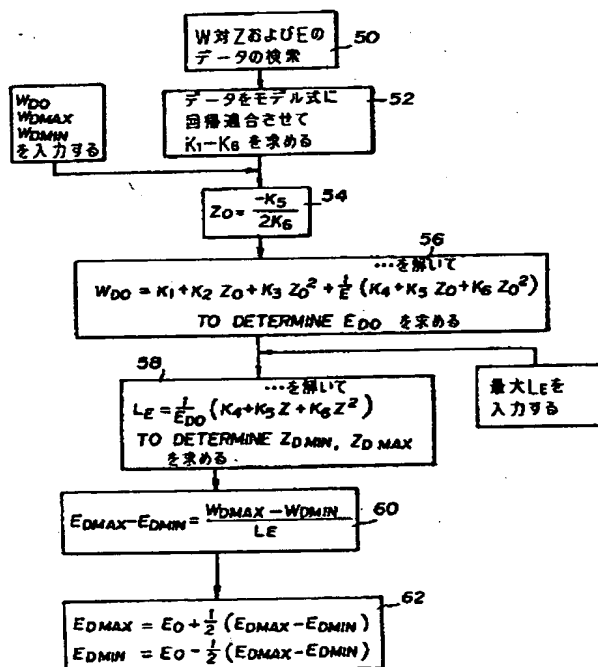
第 5 図



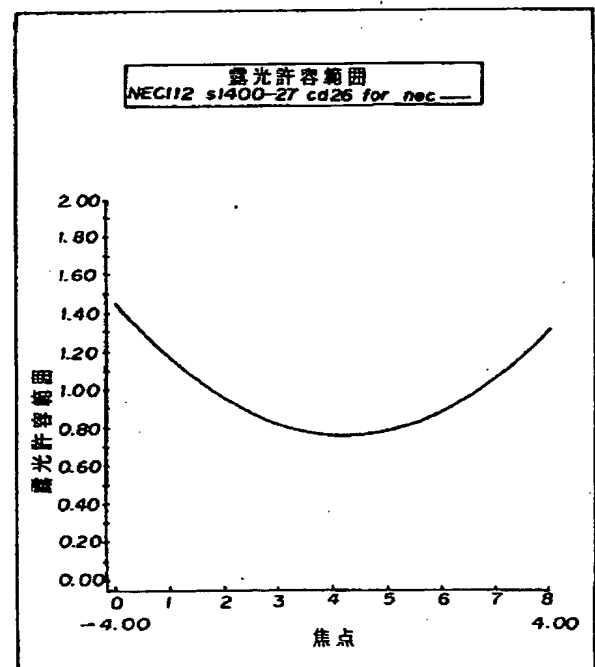
第 6 図



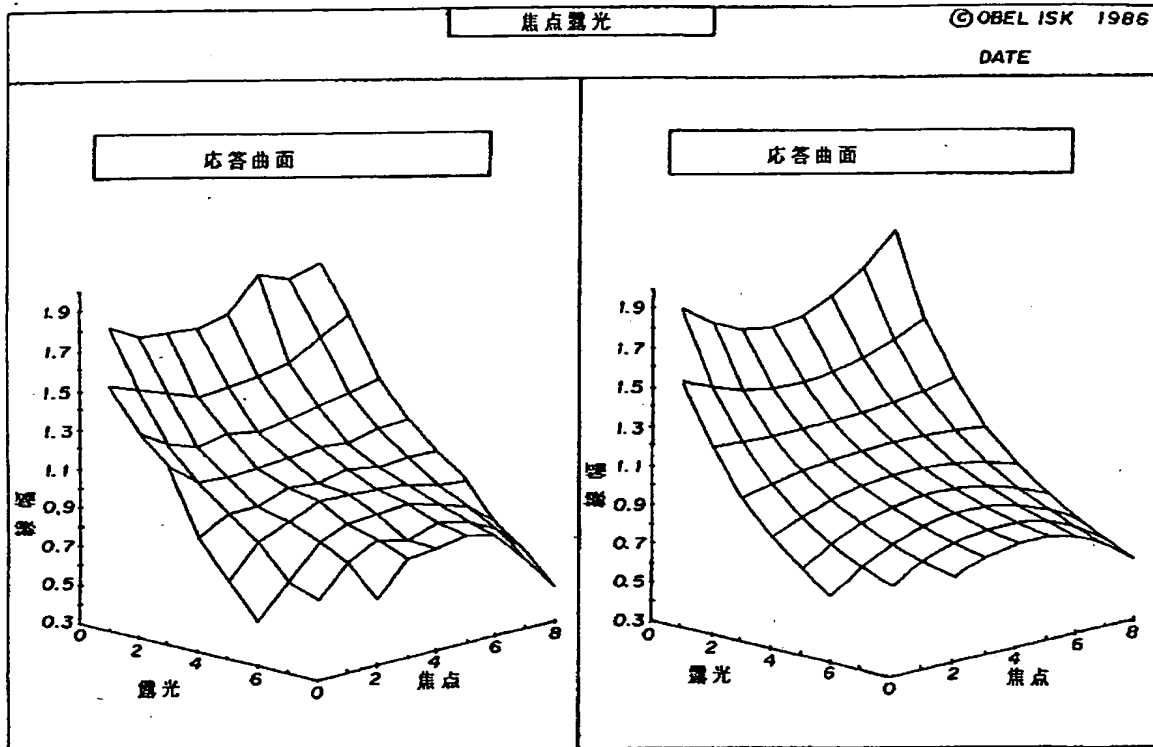
第 7 図



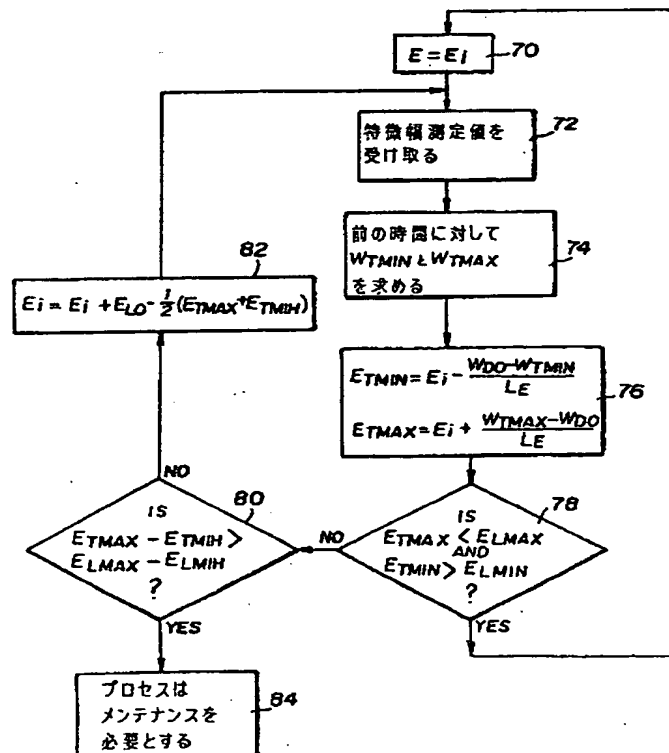
第 9 図



第 8 図



第 10 図



第1頁の続き

⑤Int. Cl. 3

G 03 F 7/20

識別記号

H

庁内整理番号

6906-2H
7376-5F

H 01 L 21/30

3 1 1 L

⑦発明者 ロール・ブイ・タン

アメリカ合衆国カリフォルニア州95131, サン・ホセ, フ
ジコー・ドライブ 1528

手続補正書

昭和63年11月20日

特許庁長官 吉田文毅 殿

1 事件の表示

昭和63年特許願第 265212号

2 発明の名称

平版印刷プロセス解析システム

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所

名称 シュアレー・カンパニー・インコーポレーテッド

4 代理人

住所 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
新大手町ビル206号室(電話 270-6641-6)

氏名 (2770) 弁理士 湯浅 恭

5 補正の対象

意明書の住所及び出願人の代表者名を記載した願書
委任状及訳文
明細書

6 補正の内容

別紙の通り(なお、明細書の内容には変更なし)

万
全
を
期
す

(人)



手続補正書

昭和63年12月28日

特許庁長官 吉田文毅 殿

1 事件の表示

昭和63年特許願第 265212号

2 発明の名称

平版印刷プロセス解析システム

3 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所

名称 シュアレー・カンパニー・インコーポレーテッド

4 代理人

住所 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
新大手町ビル206号室(電話 270-6641-6)

氏名 (2770) 弁理士 湯浅 恭

5 補正の対象

明細書の〔特許請求の範囲〕と〔発明の詳細な説明〕の欄

6 補正の内容

別紙の通り

万
全
を
期
す

(人)



(1) 特許請求の範囲を次のように訂正する。

「1. (a) 特徴幅データ、露光データ、および焦点データを受け取るための手段;

(b) 前記データを記 装置中に整理して格納するための手段;

(c) 臨界寸法モデルに対し、前記データの最良適合モデルを求めるための手段;および

(d) 座標軸が特徴幅、露光、および焦点である3次元グラフに対し、前記データの最良適合モデルを表示するための手段;

~~を含む~~ 平版印刷プロセス解析システム。

2. 前記の臨界寸法モデルが

$$M = K_1 + K_2 Z + K_3 Z^2 + \frac{1}{E} (K_4 + K_5 Z + K_6 Z^2)$$

という式からなる、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

3. 臨界寸法モデルを最良適合させるための前記手段が線形回帰分析を行うための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

9. さらに、2次元グラフを3次元グラフ上にオーバーレイさせて表示するための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

10. (a) 実験による焦点データ、露光データ、および特徴幅データを臨界寸法モデルに最良適合させることによって最大可能ウィンドー焦点と最大可能ウィンドー露光を求めるための手段;

(b) 制御される平版印刷プロセスから特徴幅測定値を受け取るための手段;

(c) 前記特徴幅測定値からの露光シフトと、最良適合モデルから求めた作動露光および作動焦点における露光許容範囲とを確認するための手段;および

(d) 露光シフトを補正するために補正信号を発生するための手段

~~を含む~~ 平版印刷プロセス解析・制御システム。

11. (a) 実験による焦点データ、露光データ、および特徴幅データを臨界寸法モデルに最良

4. さらに、座標軸が前記最良適合モデルの前記グラフに沿って測定された特徴幅、露光および焦点である3次元グラフを表示するための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

5. さらに、特徴幅、焦点、および露光に対する測定データから得られる3次元グラフを、最良適合モデルの3次元グラフ上にオーバーレイさせて表示するための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

6. さらに、所定の最大露光許容範囲から焦点範囲を求めるための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

7. さらに、所定のサイドウォール・アングルから焦点範囲を求めるための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

8. さらに、前記の3次元グラフに使用されているいずれの2次元に対してもその2次元グラフを表示するための手段~~を含む~~、請求項第1項に記載の平版印刷プロセス解析システム。

適合させることによって最大可能ウィンドー焦点と最大可能ウィンドー露光を求める工程;

(b) 制御される平版印刷プロセスから特徴幅測定値を受け取る工程;

(c) ある時間にわたって最小特徴幅と最大特徴幅を求める工程;

(d) 前記の最小特徴幅と最大特徴幅から最大有効露光と最小有効露光を、そして臨界寸法モデルから露光許容範囲を求める工程;および

(e) 最大露光と最小露光の midpoint の、最大可能ウィンドーの最適露光設定値からのシフトを補正するために、前記平版印刷プロセスに対して補正信号を与える工程

~~を含む~~ 平版印刷プロセスの制御方法。

12. 最大可能ウィンドーを求める前記工程が、

(a) 特徴幅を焦点と露光の関数として測定する工程;

(b) 特徴幅、焦点、および露光の測定値を、

手 続 補 正 書 (方式)

平成6年 元 年 2 月 23 日

特許庁長官 吉 田 文 毅 殿

1 事件の表示

昭和63年 特許 願第 265212号

2. ~~発明~~ の名称

平版印刷プロセス解析システム

3. 補正をする者

事件との関係 出 願 人

住 所

名 称 シツブレー・カンパニー・インコーポレーテッド

4. 代 理 人

住 所 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
新大手町ビル 206号室区

氏 名 (2770) 井理士 湯 浅 恭 三

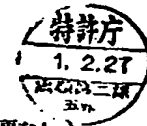
5. 補正命令の日付 平成 1 年 1 月 31 日 (発送日)

6. 補正の対象

適正な図面

7. 補正の内容

別紙の通り (図面の内容には変更なし)



方式
書

本質的に最適焦点を与える臨界寸法モデルに
最良適合させる工程:

(c) 焦点が最適焦点に等しく、特徴幅が所
定の望ましい幅に等しいときに、臨界寸法モ
デルにおける最適露光値を求める工程:

(d) 最適露光にて臨界寸法モデルに所定の
最大露光許容範囲を適用することによって焦
点範囲を求める工程:および

(e) 所定の特徴幅範囲を前記の最大露光許
容範囲で割ることによって露光範囲を求める
工程 ~~を含む~~。請求項 11 項に記載の方法。」

(2) 明細書の下記の箇所に「臨界」とあるを、すべ
て「臨界」と訂正する。

6 頁 11 行および 12 行

8 頁 15 行および 20 行

9 頁 6 行および 13 行

15 頁 2 行および 4 行

16 頁 7 行

20 頁 14 行

32 頁 1 行